



TITLE:

Fatigue Crack Propagation in Copper Single and Bicrystals(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

VINOGRADOV, Alexei

CITATION:

VINOGRADOV, Alexei. Fatigue Crack Propagation in Copper Single and Bicrystals. 京都大学, 1997, 博士(工学)

ISSUE DATE:

1997-03-24

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/202336>

RIGHT:

氏 名 ヴィノグラドフ アレクセイ
VINOGRADOV, Alexei
 学位(専攻分野) 博 士 (工 学)
 学 位 記 番 号 論 工 博 第 3204 号
 学位授与の日付 平 成 9 年 3 月 24 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
 学位論文題目 **Fatigue Crack Propagation in Copper Single and Bicrystals**
 (銅単結晶および双結晶における疲労き裂伝播)

(主 査)
 論文調査委員 教 授 大 谷 隆 一 教 授 落 合 庄 治 郎 助 教 授 橋 本 敏

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、銅単結晶の疲労き裂伝播挙動の結晶学的方位依存性および種々の方位制御した銅双結晶における結晶粒界が疲労き裂の伝播におよぼす影響を研究した結果についてまとめたものであり、全6章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景を概観し目的を述べたものである。

第2章は、本研究で用いる単結晶および結晶粒界の幾何学的方位関係を制御した双結晶の育成方法を確立して、これらの結晶からコンパクト引張試験片を作製する新たな手法について述べている。

第3章では、単一すべり軸方位および4種の多重すべり軸方位を有する単結晶コンパクト引張試験片における疲労き裂の発生と伝播挙動を詳細に観察した結果について述べている。いずれの引張軸方位を持つ単結晶においても、き裂は活性化されたすべり面に沿って発生し、よく発達した固執すべり帯に沿って優先的に伝播することを見いだした。き裂の伝播は初期の加速領域を経て一定速度の領域へと移行すること、この初期領域終了時繰返し数と伝播速度は引張軸方位に依存すること、疲労き裂伝播速度と一方向変形における加工硬化率の大きさとの間には良い相関が認められること等を示した。これらの現象を説明するために転位論と破壊力学にもとづいたき裂伝播モデルを提案している。

第4章は、双結晶コンパクト引張試験片を用いることにより、結晶粒界の構造ならびに引張軸と結晶粒界面の幾何学的相対関係が疲労き裂の発生と伝播挙動におよぼす影響を追求したものである。面心立方金属において、その多結晶中に高い頻度で存在する典型的な低エネルギー粒界である $\Sigma 3(111)$ 、 $\Sigma 9(221)$ 対応粒界および比較的高い粒界エネルギーを有する $\Sigma 41(338)$ 粒界、ランダム $[110]$ 傾角粒界をそれぞれ有するモデル双結晶について、切欠きを粒界に沿って平行に導入した場合と粒界に直角方向に導入した場合について実験した。 $\Sigma 3(111)$ および $\Sigma 9(221)$ 対応粒界は疲労破壊に対して非常に強い抵抗を示すことが観察され、特に $\Sigma 3(111)$ 粒界を有する双結晶では粒界破壊は生じず、いずれの場合も粒内で破壊した。これに反してランダム粒界や $\Sigma 41(338)$ 粒界では両実験条件下で粒界破壊し、 $\Sigma 9(221)$ 粒界においては切欠きが粒界に平行な場合にのみ粒内と粒界の混合の破壊形態をとった。き裂の前方に粒界が直交して存在

する場合にはすべての双結晶においてき裂伝播の停留や減速が観察されたが、ランダム粒界と $\Sigma 3(111)$ 粒界においてはき裂が粒界に達する前に減速するのに対し $\Sigma 9(221)$ 粒界においてはき裂が通過した直後に減速することが見いだされた。

第5章では、疲労き裂の発生と伝播挙動に対する大気の影響をその真空中での挙動と比較することにより議論している。単結晶試験片においては、真空中での固執すべり帯の形態や切欠き先端でのすべり挙動には大気中のそれらと本質的な差はないこと、しかしながら、き裂の発生に要する繰返し数は大気中のそれに比べて約10倍大きいこと、またき裂の伝播速度は大気中のそれに比べて極めて遅いこと等を見いだした。切欠きを粒界に沿って平行に導入した双結晶では、真空中において粒界は必ずしもき裂発生の優先的箇所とはならないこと、そして大気中で粒界に沿って伝播していたき裂が真空中では粒内へと移行し、その伝播速度は著しく低下することを明らかにした。また、疲労変形を受けた非平衡な状態にある粒界構造およびき裂前方のすべりと粒界との幾何学的関係がき裂伝播の機構を決定する重要な因子であることを議論している。

第6章は本研究で得られた結果を総括し、要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、銅単結晶における疲労き裂伝播挙動の引張軸方位依存性および方位制御された銅双結晶における結晶粒界が疲労き裂の伝播におよぼす影響を明らかにした実験的研究の結果をまとめたものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 単一すべり軸方位および多重すべり軸方位を有する単結晶においては、き裂はよく発達した固執すべり帯に沿って優先的に伝播すること、き裂伝播は初期の加速領域を経て一定速度の領域へと移行すること、その伝播速度と一方向変形における加工硬化率の大きさとの間には良い相関があることを明らかにし、これらの現象を転位モデルによって説明した。
2. 双結晶について、結晶粒界の構造および引張軸に対する粒界面方位がき裂伝播におよぼす影響を、き裂が粒界に沿って伝播する場合と直交して伝播する場合について調べた。その結果、いずれの場合においてもき裂伝播抵抗は粒界エネルギーの大小によって決まることを明らかにした。
3. 真空中の実験によって、結晶粒界は真空中では必ずしもき裂の発生と伝播の優先箇所とはならないことを見いだした。
4. 疲労変形を受けた非平衡な状態にある粒界構造およびき裂前方のすべりと粒界との幾何学関係がき裂伝播の機構を決定する重要な因子であることを明らかにした。

以上要するに、本論文は銅の結晶と結晶粒界における疲労き裂伝播の機構を転位論の観点から研究したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成9年1月8日、論文内容とそれに関連する事項について試問を行い、合格と認めた。